Bargraph display's

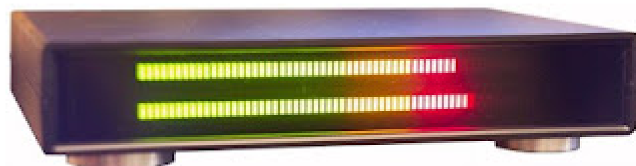
Als u geen interesse hebt in de absolute waarde van een grootheid, maar uitsluitend het verloop van deze grootheid wilt volgen, zijn bargraph display's goedkope indicatoren. Er zijn uitvoeringen met 4 tot 64 segmenten in de handel. Wij bespreken ook de IC's die u nodig hebt voor de aansturing van dergelijke display's.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 29-08-2019

Numeriek contra thermometerschaal

Inleiding
Numerieke digitale uitlezingen zoals zeven-segment indicatoren hebben als voordeel dat zij uiterst nauwkeurig zijn. Soms echter hebt u absoluut geen behoefte aan een nauwkeurige uitlezing van een meetwaarde. Dat is het geval als u alleen geïnteresseerd bent in het trendmatige verloop van de meetwaarde. Bij het afregelen komt het bijvoorbeeld vaak voor dat u een bepaalde spanning op een positief maximum moet afregelen. Dat gaat niet als u met een digitale uitlezing werkt. De oude naaldinstrumenten zijn hiervoor veel beter geschikt. U ziet immers onmiddellijk wanneer de naald een maximale uitslag bereikt. Die oude naaldinstrumenten zijn inmiddels vervangen door LED-equivalenten, die men in het Engels *'bargraph display's'* noemt. U kunt deze term vertalen met *'staafvormige thermometer indicatoren'*.

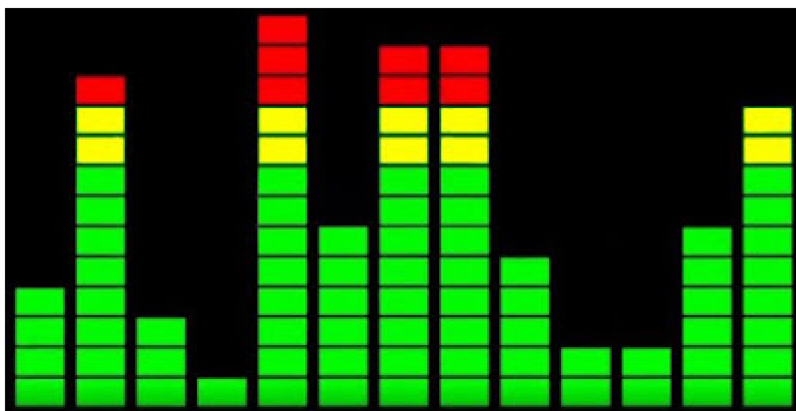
Voorbeeld 1: VU-meter
Met een VU-meter houdt u de luidheid van een audiosignaal in de gaten. Een typisch voorbeeld waar u niets hebt aan numerieke indicatoren maar des te meer aan een bargraph uitlezing. In de onderstaande foto is als voorbeeld een professionele stereo VU-meter weergegeven met een zeer uitgebreide thermometerschaal. Dank zij de LED's met drie kleuren ziet u het onmiddellijk als een van de audio kanalen overstuurd wordt of dreigt te worden.



Een professionele VU-meter met twee uitgebreide bargraph display's. (© ebay)

Voorbeeld 2: audio spectrum analyzer
Bij audio opnames wordt vaak prijs gesteld op enige kennis van de frequenties die in het opgenomen signaal aanwezig zijn. Dan is een spectrum analyzer op zijn plaats. Met zo'n apparaat wordt de volledige audio bandbreedte tussen 20 Hz en 20 kHz opgesplitst in een aantal banden. In iedere band wordt gemeten hoeveel signaal aanwezig is. De resultaten van die metingen kunnen overzichtelijk worden samengevat in één overzichtelijk display, samengesteld uit een aantal bargraph indicatoren, zoals voorgesteld in de onderstaande

figuur. Zonder deze bargraph's zou dit absoluut onmogelijk zijn.



Een voorbeeld van een audio spectrum analyzer. (© storyblocks)

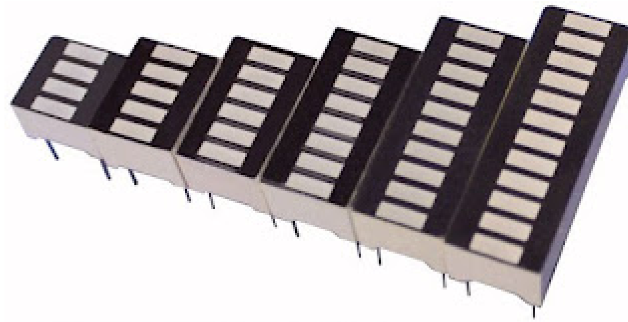
Voorbeeld 3: dashboard indicaties
Een dashboard vol digitale numerieke metertjes is compleet onoverzichtelijk. Beter is het de oliedruk, de batterijspanning en dergelijke in de gaten houden met bargraph display's. Door gebruik te maken van de drie kleuren groen, geel en rood voor de segmenten ziet u onmiddellijk welke gemeten grootheid een te kleine of te grote waarde dreigt aan te nemen. De onderstaande foto geeft een voorbeeld van een dergelijke dashboard meter die de klemspanning van twee 12 V accu's in de gaten kan houden.



Een dubbele gelijkspanningsmeter met onderdrukt nulpunt.
(© Rico Instrument)

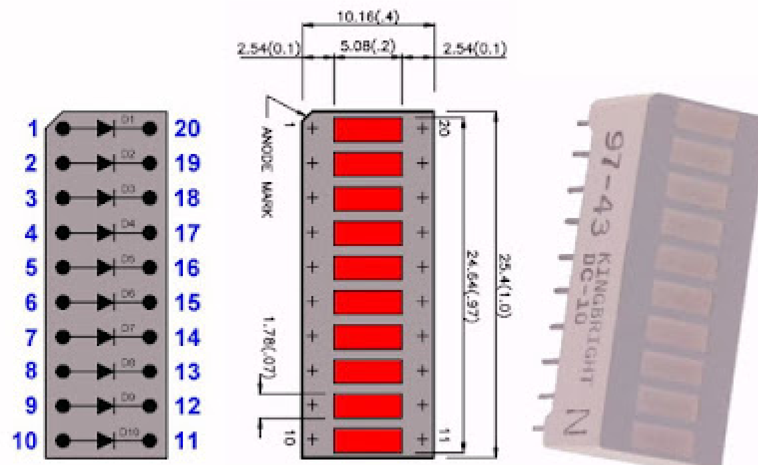
Bargraph display's in standaard DIL-uitvoering

Passend in een IC-voetje
Zoals uit de onderstaande foto blijkt bestaan deze indicatoren uit een beperkt aantal LED's die keurig op een rijtje zijn aangebracht. De behuizing is aangepast aan de afmetingen van de standaard DIL-behuizing waarin u ook talloze IC's aantreft. U kunt zo'n display zonder meer in een IC-voetje prikken. In de meeste gevallen zijn deze display's *'stackable'*, hetgeen wil zeggen dat u een langere schaal kunt maken door meerdere indicatoren naast elkaar te plaatsen. Als u de behuizingen van de indicatoren keurig tegen elkaar monteert is de onderlinge afstand tussen de laatste LED van het eerste display en de eerste LED van het tweede display gelijk aan de onderlinge afstanden tussen de LED's in één display.



Typische uitvoeringen van stackable bargraph display's in standaard DIL-behuizingen.
(© Dongguan Houke Electronic)

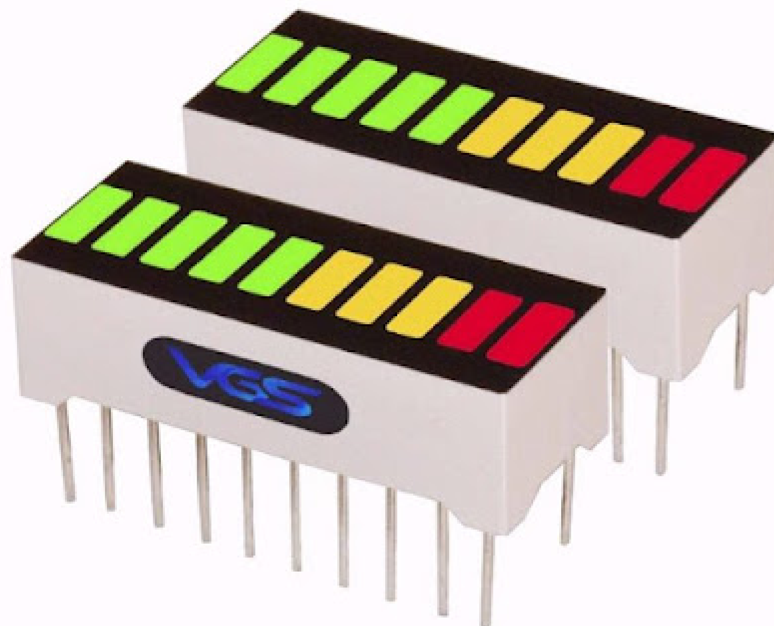
Aansluitgegevens
Bij de meeste bargraph indicatoren in standaard DIL-uitvoering worden alle aansluitingen van alle LED's individueel naar buiten gebracht. Een indicator met tien LED's heeft dan ook twintig pennetjes, zie de onderstaande figuur. Bij de moderne display's staan de anoden links en de kathoden rechts als u het onderdeel met de afgeschuinde hoek links boven houdt. In dit voorbeeld hebben wij het over de DC-10 van Kingbright, een van de bekendste fabrikanten van bargraph display's.



De meeste bargraph displays voeren alle kathoden en anoden van de LED's naar buiten.
(© 2019 Jos Verstraten)

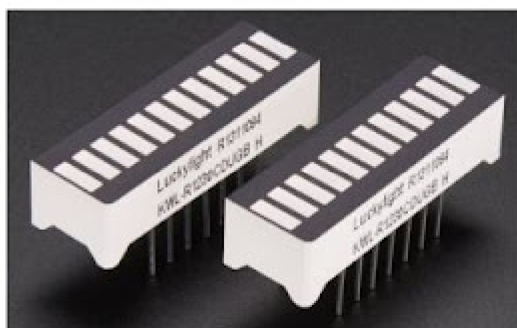
Multicolor display's
Naast de typen waarbij alle segmenten dezelfde kleur hebben bestaan er ook bargraph display's waarvan de segmenten diverse kleuren hebben. Een bekende configuratie is, zie onderstaande figuur:

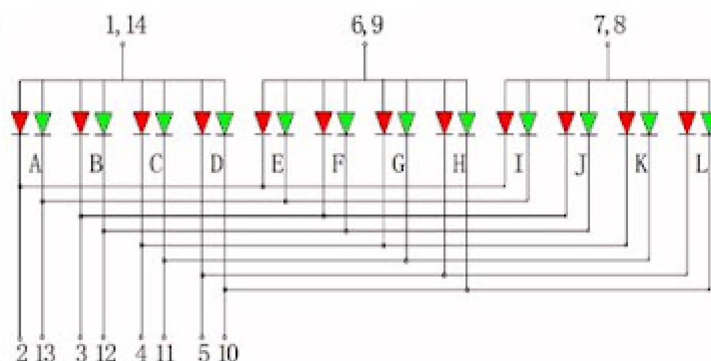
- Segmenten 1 tot en met 5: groen.
- Segmenten 6, 7 en 8: geel.
- Segmenten 9 en 10: rood.



Een typisch voorbeeld van een multicolor bargraph display. (© Vigor Source)

Bicolor display's
Tot slot van deze paragraaf nog wat informatie over twee-kleuren display's. Deze zien er hetzelfde uit als de een-kleur exemplaren, maar onder ieder segment-venstertje zitten twee LED's, bijvoorbeeld een rode en een groene. In de onderstaande afbeelding zijn de aansluitgegevens voorgesteld van het type KWL-R1230 van Luckylight. In dit display zitten 24 LED's en om uit te komen met 14 pennetjes wordt er gebruik gemaakt van een soort multiplex-besturing. In deze serie zijn exemplaren leverbaar met common anode en met common kathode structuur.





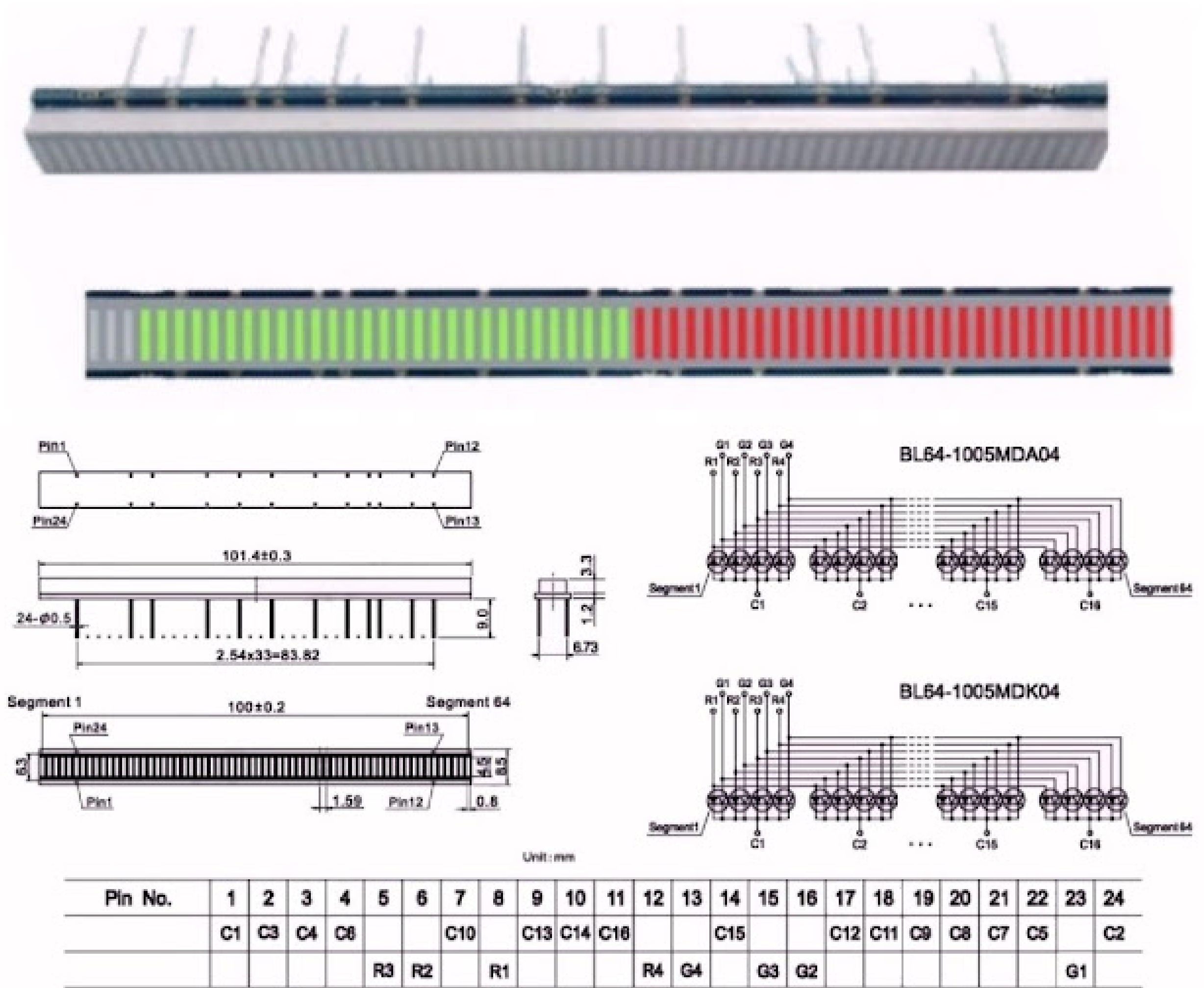
Een voorbeeld van een bicolor bargraph display van Luckylight. (© Luckylight)

Speciale uitvoeringen van bargraph display's

Inleiding
Er zijn ontelbaar veel uitvoeringen van bargraph display's op de markt gebracht. Het is dus absoluut onmogelijk om een compleet overzicht te geven van wat u kunt kopen. In dit hoofdstuk brengen wij een aantal opvallende typen onder uw aandacht.

64-segment display van Barmeter
Als het er op aan komt het verloop van een analoge spanning vrij nauwkeurig te meten kunt u gebruik maken van bargraph display's met niet minder dan 64 segmenten. Zij worden gefabriceerd door het Chinese Barmeter en dragen BL64-1005MDK04 of BL64-1005MDA04 als typenummer. De K of de A in de code staat voor *'common anode'* of *'common kathode'*. Het display is 100 mm lang en alle segmenten bestaan uit een rode en een groene LED. De piekstroom per LED bedraagt 100 mA. Om de 2 x 64 LED's afzonderlijk aan te sturen is een

vrij complexe multiplex-besturing ontworpen, waarbij de kathodes of de anodes per acht LED's zijn gegroepeerd.

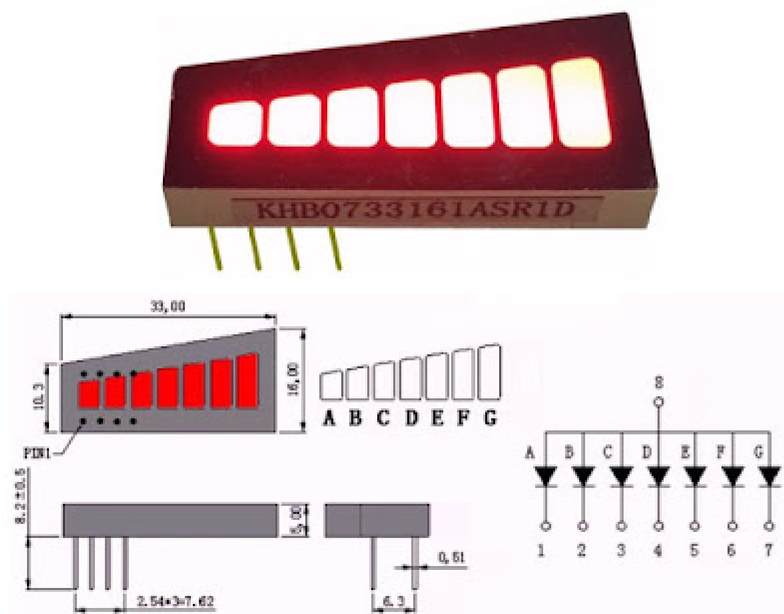


Pin No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	C1	C3	C4	C6			C10		C13	C14	C16			C15			C12	C11	C9	C8	C7	C5		C2
					R3	R2		R1				R4	G4		G3	G2							G1	

De BL64-1005MDA/K04 bargraph display's van Barmeter. (© Barmeter)

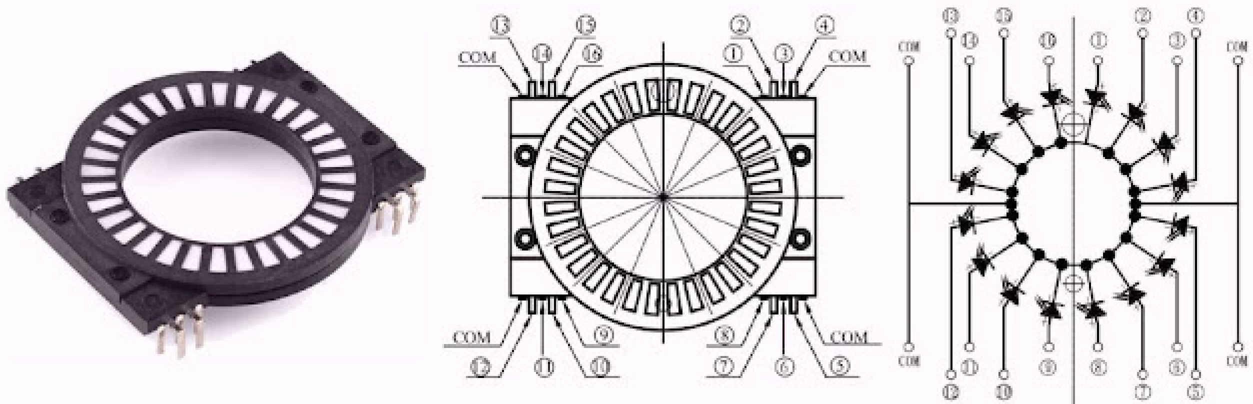
De KHB0733161 van Kehong Opto Electronics

Als u het groter worden van een bepaalde grootheid nog eens extra wilt benadrukken kunt u gebruik maken van de KHB0733161 van Kehong Opto Electronics. Dit display heeft zeven segmenten, die echter niet allemaal even groot zijn. Ook dit display is leverbaar met common anode of common kathode en heeft slechts acht pennetjes. De maximale segmentstroom bedraagt 15 mA, de maximale geleidingsspanning 2,5 V.



De KHB0733161 van Kehong Opto Electronics. (© Kehong Opto Electronics)

Circulaire bargraph display's
Door Top-Up Industry Corp. wordt een aantal circulaire display's aangeboden, waarvan de onderstaande afbeelding een typisch voorbeeld geeft. Dit is de LED-CCL-X-6H, die zestien LED's bevat die in een cirkelvorm zijn opgesteld. De maximale stroom per LED bedraagt 30 mA en u kunt dergelijke onderdelen in de vier standaard LED-kleuren bestellen voor ongeveer US$ 16.00 per stuk. De behuizing van het display is 40 mm bij 35 mm groot. De display's hebben 4 x 5 pennetjes. De common kathode is op de vier hoeken van het display aansluitbaar, hetgeen het ontwerpen van een printje uiteraard eenvoudiger maakt.
Let er op dat dit display slechts 16 LED's bevat, hoewel de behuizing doet vermoeden dat er 32 segmenten in dit display aanwezig zijn. Iedere LED is zichtbaar door twee segmenten.



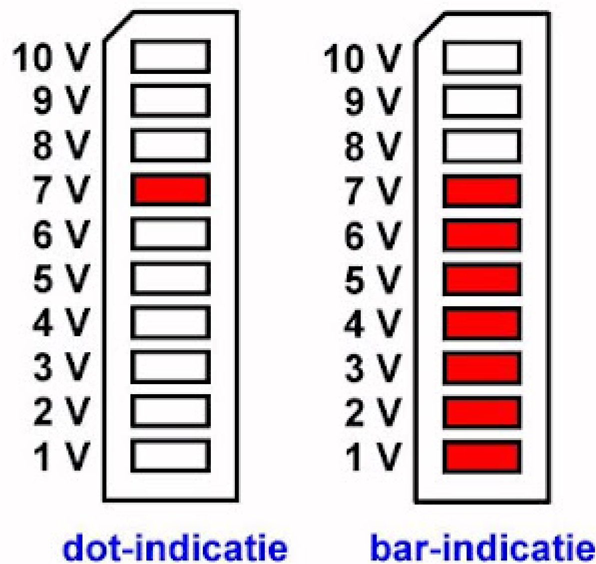
De circulaire bargraph display's van Top-Up Industry Corp. (© Top-Up Industry Corp.)

Het aansturen van bargraph display's

Bar of dot
Het zal wel duidelijk zijn dat u voor het aansturen van staafvormige indicatoren een beroep moet doen op speciale drivers. U moet er echter rekening mee houden dat er twee aansturingssystemen bestaan:

- bar-indicatie.
- dot-indicatie.

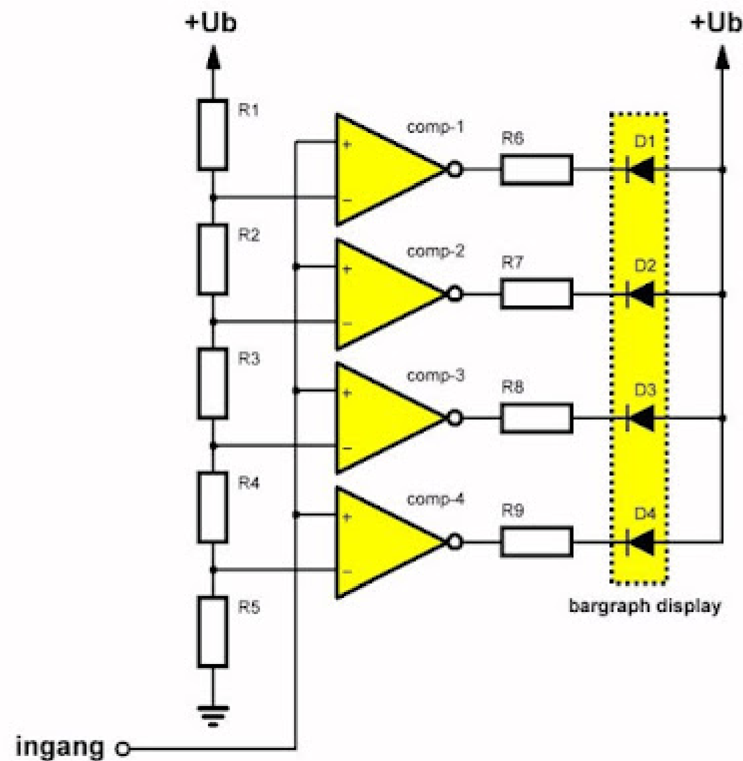
Het verschil tussen beide systemen volgt uit de onderstaande figuur. Bij de bar-indicatie, in het Nederlands kolomuitlezing genoemd, wordt de ingangsspanning vertaald naar het oplichten van een aantal naast elkaar geplaatste LED's. Het aantal LED's dat oplicht is recht evenredig met de grootte van de te meten spanning.
Bij de dot-indicatie, in het Nederlands puntuitlezing genoemd, brandt slechts één LED en is de positie van de LED in de rij recht evenredig met de grootte van de ingangsspanning.
Er bestaan drivers die alleen dot-besturing en drivers die alleen bar-besturing verzorgen. Sommige drivers hebben een pen waarmee u kunt omschakelen tussen dot- of bar-uitlezing.



Het verschil tussen bar- en dot-indicatie. (© 2019 Jos Verstraten)

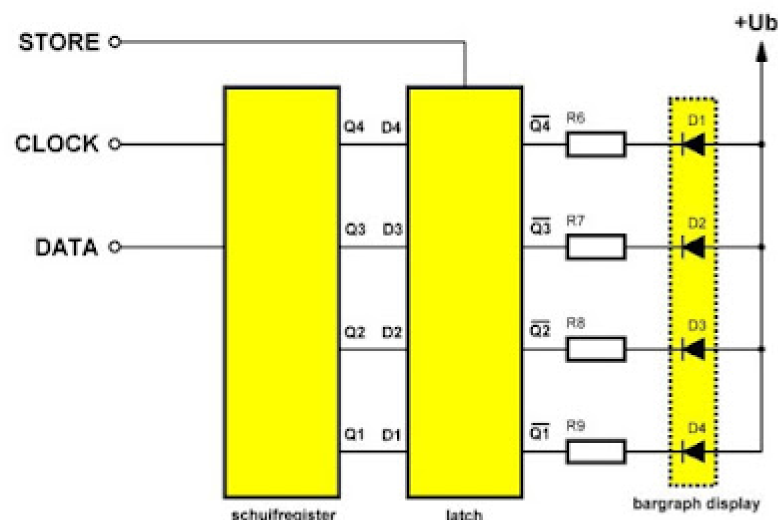
Analoog of digitaal
Vervolgens moet u een onderscheid maken tussen een analoge of een digitale aansturing. Een analoge aansturing kunt u met vrij eenvoudige schakelingen realiseren, zoals transistoren, op-amp's of speciale analoge aansturing-IC's. Bij een digitale aansturing komt meestal heel wat meer kijken en ligt het inschakelen van een Arduino of soortgelijke microprocessor voor de hand. En dan komt uiteraard een stukje programma-code om de hoek kijken.

Het principe van de analoge aansturing
In de onderstaande figuur is het gemakkelijk te begrijpen basisprincipe van de analoge aansturing van bargraph display's weergegeven. Iedere LED uit het display wordt aangesloten op een comparator met inverterende uitgang, die de ingangsspanning vergelijkt met een bepaalde referentiespanning. Deze referentiespanning is voor iedere comparator anders. U kunt deze referentiespanningen heel eenvoudig genereren door een aantal weerstanden in serie te schakelen. Op de knooppunten van deze weerstanden staan dan de referentiespanningen voor de comparatoren.
Als de ingangsspanning 0 V is, staan alle inverterende ingangen van de comparatoren op een hogere spanning. Alle comparatoren leveren dan, denk aan de inversie in de uitgang, een hoge uitgangsspanning en alle LED's zijn gedoofd. Als de ingangsspanning stijgt tot boven de referentiespanning van comp-4 zal de spanning op de niet-inverterende ingang van comp-4 groter worden dan de spanning op de inverterende ingang. De comparator slaat om, zijn uitgang gaat naar de massa en er vloeit stroom door D4 en R9. Het onderste segment van het bargraph display gaat branden.
Naarmate de ingangsspanning stijgt zullen steeds meer comparatoren omslaan en gaan er dus steeds meer LED's branden. Noteer dat deze schakeling dus een bar-indicatie levert. Een dot-indicatie is iets moeilijker te realiseren, maar wordt in de praktijk vrij weinig gebruikt.



Het basisprincipe van de analoge bar-aansturing. (© 2019 Jos Verstraten)

Het principe van de digitale aansturing
Bij de digitale aansturing maakt men meestal gebruik van een schuifregister dat op het ritme van een clock-puls wordt volgeschreven met de AAN/UIT-signalen voor de diverse LED's. Deze worden serieel aangeleverd via een data-ingang. Als het schuifregister is volgeschreven worden de data overgenomen door een latch die de LED's stuurt. Daarin blijven de gegevens bewaard tot de microcontroller de volgende reeks data in het schuifregister heeft ingelezen. Bij dit systeem kunt u eenvoudig kiezen voor een dot- of een bar-indicatie, dat is een kwestie van het programma aanpassen.

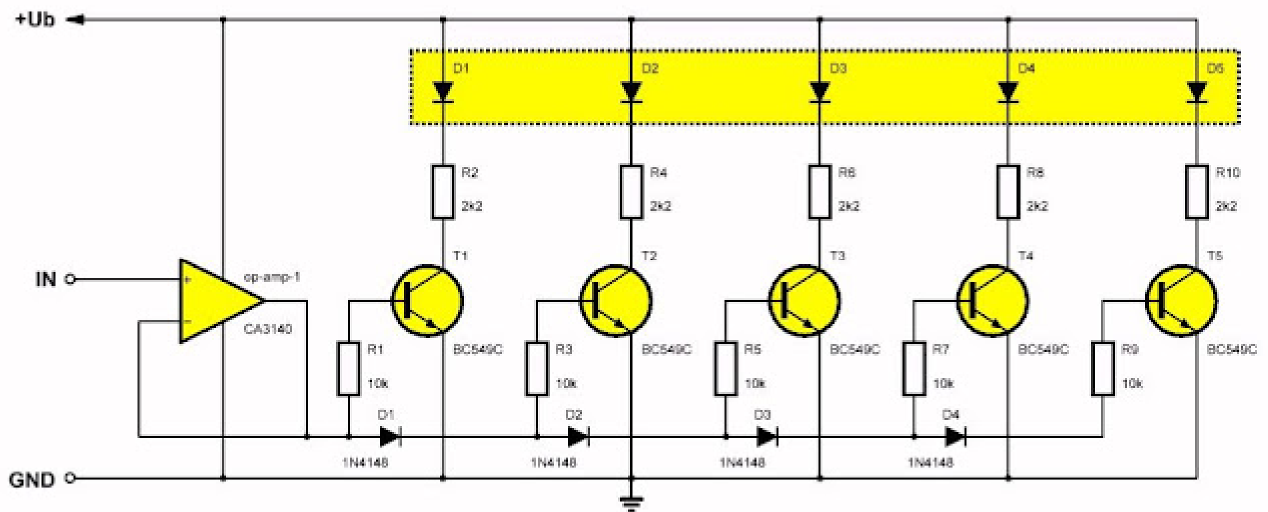


Het basisprincipe van de digitale aansturing. (© 2019 Jos Verstraten)

Een bargraph driver met transistoren

Hoewel het niet voor de hand ligt dat u ooit een bargraph uitlezing gaat ontwerpen met discrete componenten geven wij in de onderstaande figuur tóch een schema van hoe dat kan.

De noodzakelijke comparatoren met ieder een iets hogere drempelspanning worden in dit schema opgebouwd met een silicium diode en een transistor. Een Si-diode gaat maar eerst geleiden als er een spanning van ongeveer 0,65 V over staat. Als u dus een aantal van dergelijke dioden in serie zet en de knooppunten naar de basissen van transistoren stuurt zullen deze transistoren een na een gaan geleiden als de ingangsspanning langzaam stijgt. Het schema werkt dus als bar-driver, een dot-uitlezing is heel wat moeilijker te realiseren met discrete componenten.
Omdat de in serie geschakelde dioden een nogal wisselende impedantie hebben, namelijk afhankelijk van de grootte van de ingangsspanning, is het noodzakelijk een bufferversterker voor te schakelen. In het schema is hiervoor een op-amp gekozen van het type CA3140, omdat deze zijn uitgang vrijwel tot tegen de massa kan uitsturen.



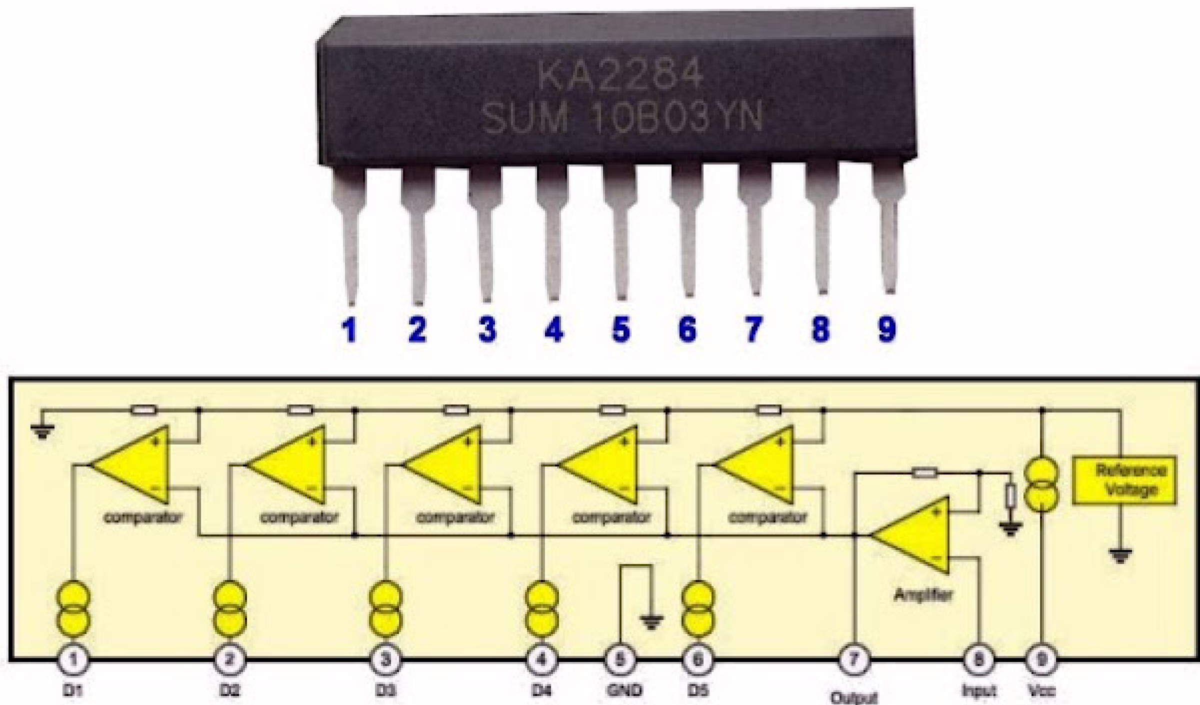
Een bargraph besturing met transistoren en dioden. (© 2019 Jos Verstraten)

De KA2284 bargraph driver van Samsung

Kennismaking
De KA2284 is een spotgoedkope (minder dan € 0,50) bargraph driver voor VU-meter toepassingen waarmee u vijf LED's kunt aansturen. Deze LED's gaan een na een branden als de ingangsspanning van het IC stijgt. In de chip is een gelijkrichter aanwezig, zodat u op de ingang zowel een gelijkspanning als een wisselspanning kunt aansluiten. De vijf LED-uitgangen worden aangestuurd uit constante stroombronnen die een stroom van maximaal 15 mA kunnen leveren. U kunt dit IC voeden uit een spanning tussen +3,5 V en +16,0 V. De interne weerstandsdeler is zo gedimensioneerd dat de inschakelspanningen van de vijf LED's zich als volgt in dB$_{(VU)}$-waarden verhouden ten opzichte van de derde LED:

- D1: -10 dB$_{(VU)}$ (-12/-8)
- D2: -5 dB$_{(VU)}$ (-6/-4)
- D3: 0 dB$_{(VU)}$
- D4: +3 dB$_{(VU)}$ (+2,5/+3,5)
- D5: +6 dB$_{(VU)}$ (+5/+7)

De getallen tussen de haakjes geven de minimale en maximale waarden weer.

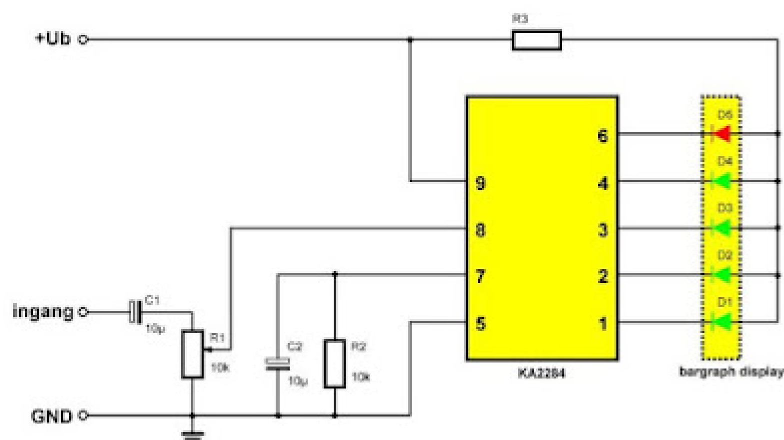


Aansluitgegevens en intern blokschema van de KA2284. (© Samsung)

Voorbeeldschakeling
In de onderstaande figuur is de standaard schakeling rond de KA2284 voorgesteld. De waarde van de weerstand R3 die in serie met de anodes van de LED's is opgenomen hangt af van de voedingsspanning:

- Voedingsspanning 8 V ~ 12 V: 47 Ω
- Voedingsspanning 10 V ~ 14 V: 68 Ω
- Voedingsspanning 12 V ~ 16 V: 91 Ω

Tussen pen 7 en de massa moet u een parallelschakeling van een weerstand en een condensator opnemen. Deze onderdelen bepalen de terugvaltijd van de uitlezing. Hoe hoger de condensatorwaarde, hoe trager de uitlezing zal reageren op een plotselinge daling van de ingangsspanning.

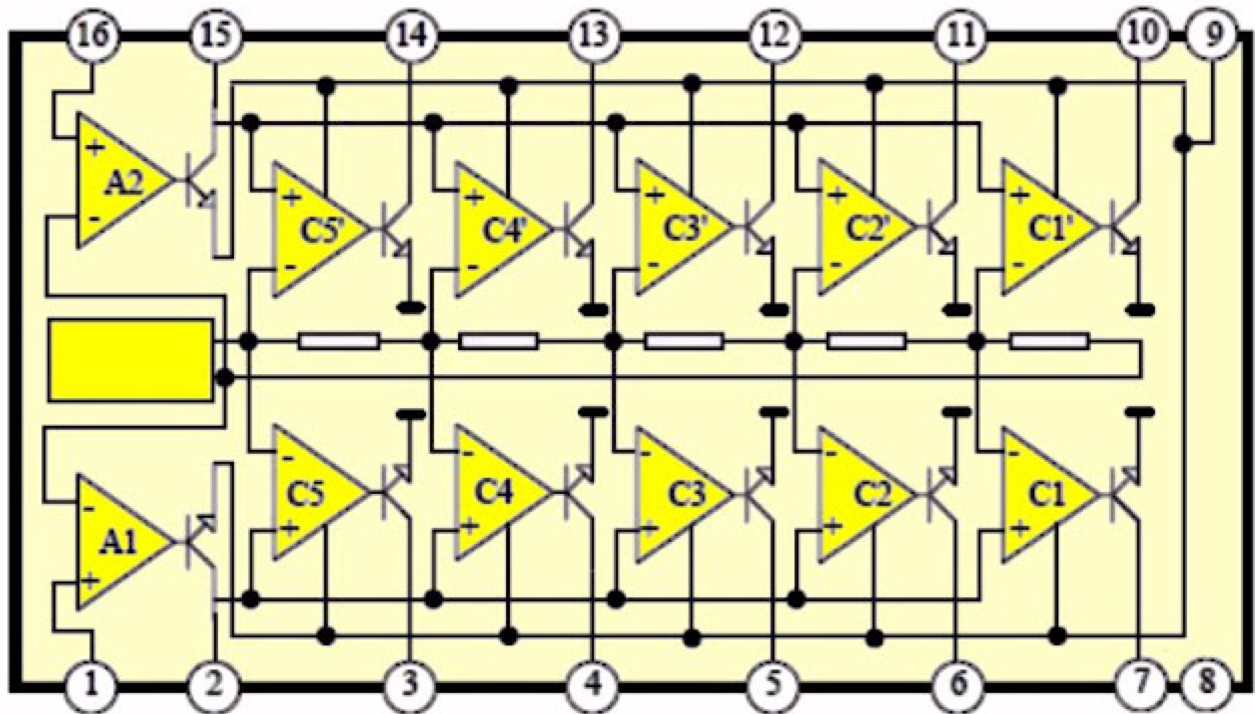


Voorbeeldschakeling rond de KA2284. (© 2019 Jos Verstraten)

De TA7666P/TA7667P stereo bargraph drivers van Toshiba

Kennismaking
Met deze in DIL-16 ondergebrachte IC's van Toshiba, te koop voor prijzen vanaf € 3,20, kunt

u een stereo VU-meter ontwerpen met een minimum aan extra componenten. De IC's bevatten 2 x 5 comparatoren, twee voorversterkers en een interne referentiespanning voor het voeden van de twee interne weerstandsdelers. Let er op dat er geen interne stroombronnen aanwezig zijn voor het aansturen van de LED's. U moet dus serieweerstanden in iedere LED-aansluiting opnemen. Het verschil tussen beide IC's is de schaal. De TA7666P heeft intervallen van 5 dB, 5 dB, 3 dB en 3 dB. De TA7667P werkt met intervallen van 2 dB, 2 dB, 2 dB en 2 dB. Het interne blokschema van deze IC's is voorgesteld in de onderstaande figuur. Deze chips kunt u voeden met een spanning tussen +6,0 V en +12,0 V. De IC's kunnen met 30 mA worden belast.



Aansluitgegevens en intern blokschema van de TA7666P/TA7667P. (© 2019 Jos Verstraten)

Voorbeeldschakeling
In de onderstaande figuur is het zeer eenvoudige schema getekend van een stereo VU-meter met 2 x 5 LED's. Door het variëren van de waarde van de weerstanden R11 en R12 kunt u de gevoeligheid van de schakeling aanpassen aan het beschikbare signaal.

Een stereo VU-meter met een TA7666P. (© 2019 Jos Verstraten)

De LM3914, LM3915 en LM3916 bargraph drivers van NatSemi

Kennismaking
Deze drie goed verkrijgbare IC's kunt u voor minder dan één euro op de kop tikken. De LM39xx van NatSemi is een van de bekendste IC-series voor het aansturen van kolomindicatoren. In principe volstaat één weerstand plus een van deze IC's voor het aansturen van een bargraph display met tien LED's.
De reeks bestaat uit drie IC's die volledig identiek zijn op de schaalindeling na:

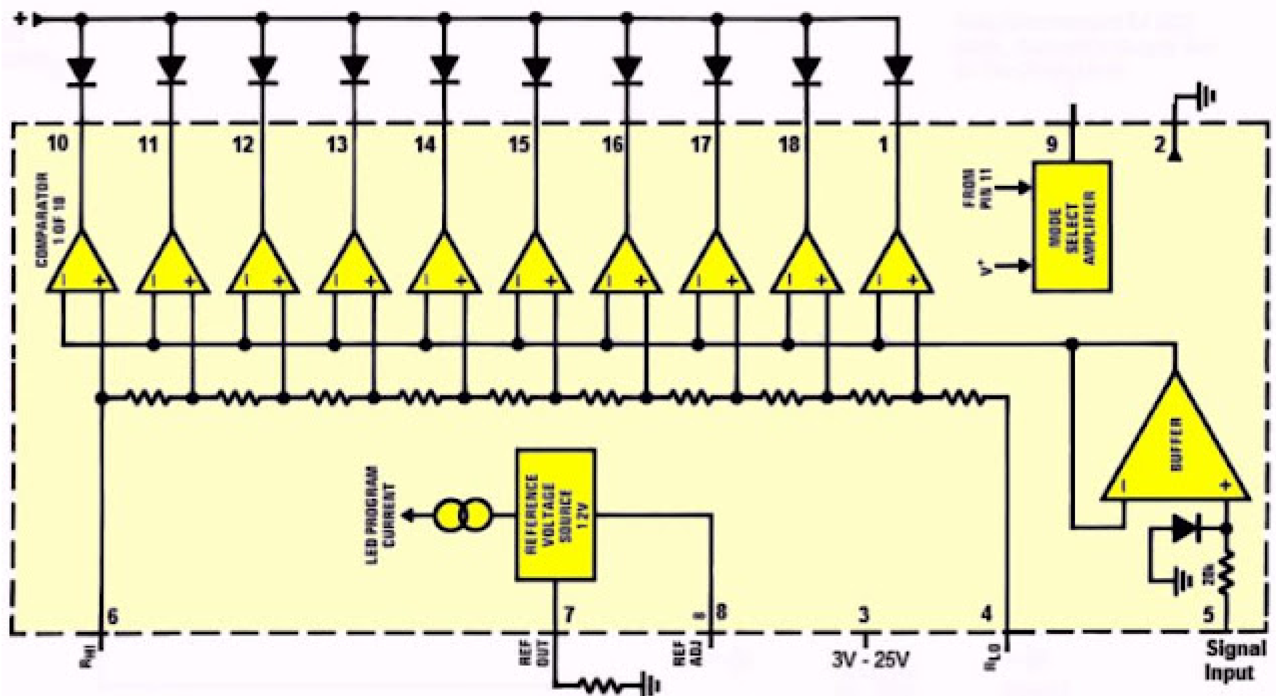
- **LM3914:**
  Heeft een lineaire schaal, zodat u dit IC kunt gebruiken voor het meten van lineaire grootheden zoals gelijkspanningen.
- **LM3915:**
  Heeft een lineaire dB-schaal van 3 dB per LED, zodat dit IC geschikt is voor het uitlezen van signaalniveaus in audio-apparatuur.
- **LM3916:**
  Heeft een speciale VU-meter schaal, volledig aangepast aan de manier waarop het uitsturingsniveaus in goedkope audio-apparatuur wordt weergegeven.

In de onderstaande tabel zijn deze verschillen overzichtelijk in beeld gebracht voor een volle schaal van 10 V_{dc}.

LED-NUMMER	LM3914	LM3915		LM3916	
1	1,00 V	0,447 V	-27 dB	0,708 V	-20 $dB_{(VU)}$
2	2,00 V	0,631 V	-24 dB	2,239 V	-10 $dB_{(VU)}$
3	3,00 V	0,891 V	-21 dB	3,162 V	-7 $dB_{(VU)}$
4	4,00 V	1,259 V	-18 dB	3,981 V	-5 $dB_{(VU)}$
5	5,00 V	1,778 V	-15 dB	5,012 V	-3 $dB_{(VU)}$
6	6,00 V	2,512 V	-12 dB	6,310 V	-1 $dB_{(VU)}$
7	7,00 V	3,548 V	-9 dB	7,079 V	0 $dB_{(VU)}$
8	8,00 V	5,012 V	-6 dB	7,943 V	+1 $dB_{(VU)}$
9	9,00 V	7,079 V	-3 dB	8,913 V	+2 $dB_{(VU)}$
10	10,00 V	10,00 V	0 dB	10,00 V	+3 $dB_{(VU)}$

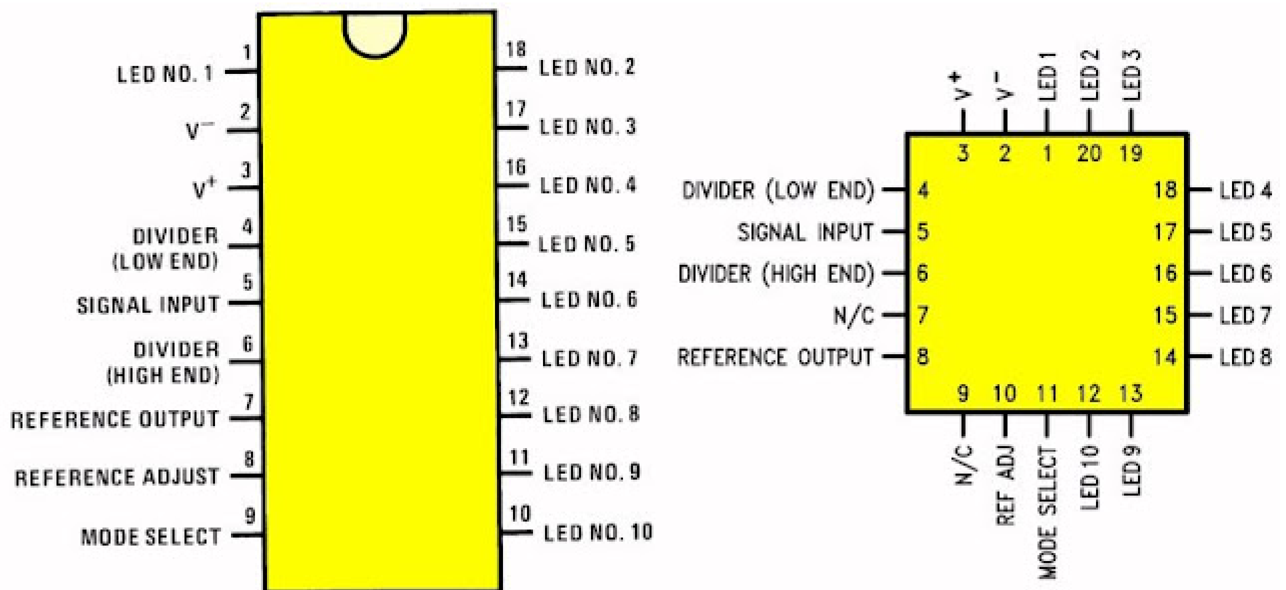
De schaalindicaties van de drie leden van de LM39xx-serie. (© 2019 Jos Verstraten)

Intern blokschema
In de onderstaande figuur is het intern blokschema van deze IC's voorgesteld. De waarde van de ingangsspanning, aan te leggen op pen 5, wordt vergeleken met twee drempelspanningen, R_{L0} (pen 4) en R_{HI} (pen 6). Deze drempels bepalen bij welke ingangsspanning de eerste LED en bij welke ingangsspanning de laatste LED gaat branden. Die twee drempels bepalen dus in feite het meetbereik van de schakeling.
Op pen 7 (REF OUT) staat een nauwkeurige en stabiele referentiespanning van 1,2 V ter beschikking, die u kunt gebruiken voor het instellen van beide drempels. De grootte van deze spanning kunt u eventueel wijzigen tot 12 V door middel van een weerstand tussen pen 8 en de massa.
Via pen 9 kunt u omschakelen tussen bar- en dot-uitlezing. Als u deze pen open laat schakelt het IC over naar dot-modus. Als u deze pen met de voeding verbindt wordt de bar-modus ingeschakeld.
De uitgangstrappen leveren een constante stroom, zodat het niet noodzakelijk is serieweerstanden in de verbindingen tussen het IC en de LED's van het display op te nemen. Een weerstand tussen pen 7 en de massa stelt de stroom door de LED's in tussen 1 mA en 30 mA en daarmee de helderheid van de uitlezing.
U kunt deze schakelingen voeden met een spanning tussen +3 V en +25 V, waarbij de ruststroom gelijk is aan 9,2 mA maximaal.



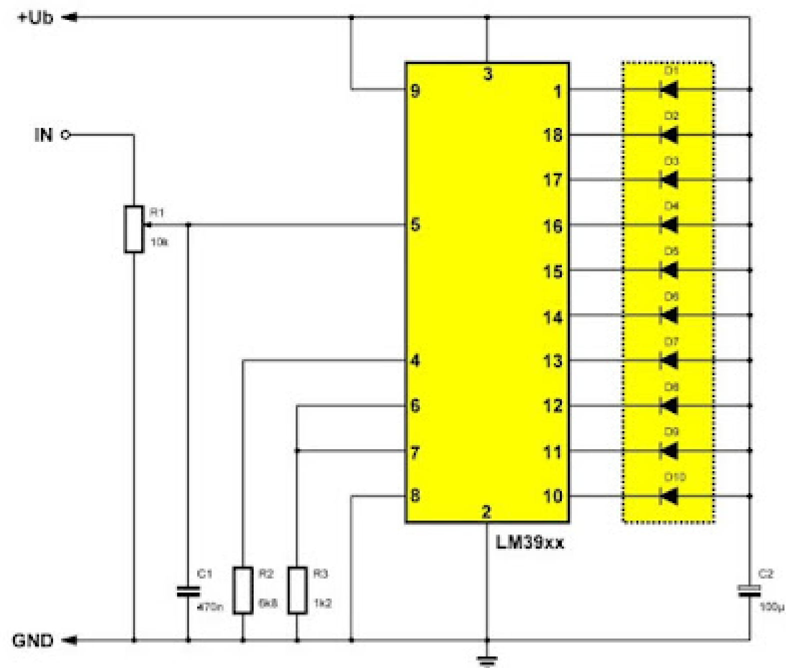
Het intern blokschema van de LM39xx-serie. (© 1995 NatSemi)

De behuizingen een aansluitgegevens van de LM39xx-serie
Deze IC's zijn verkrijgbaar in DIL-18 en in Plastic Chip Carrier Package, zie de onderstaande figuur.



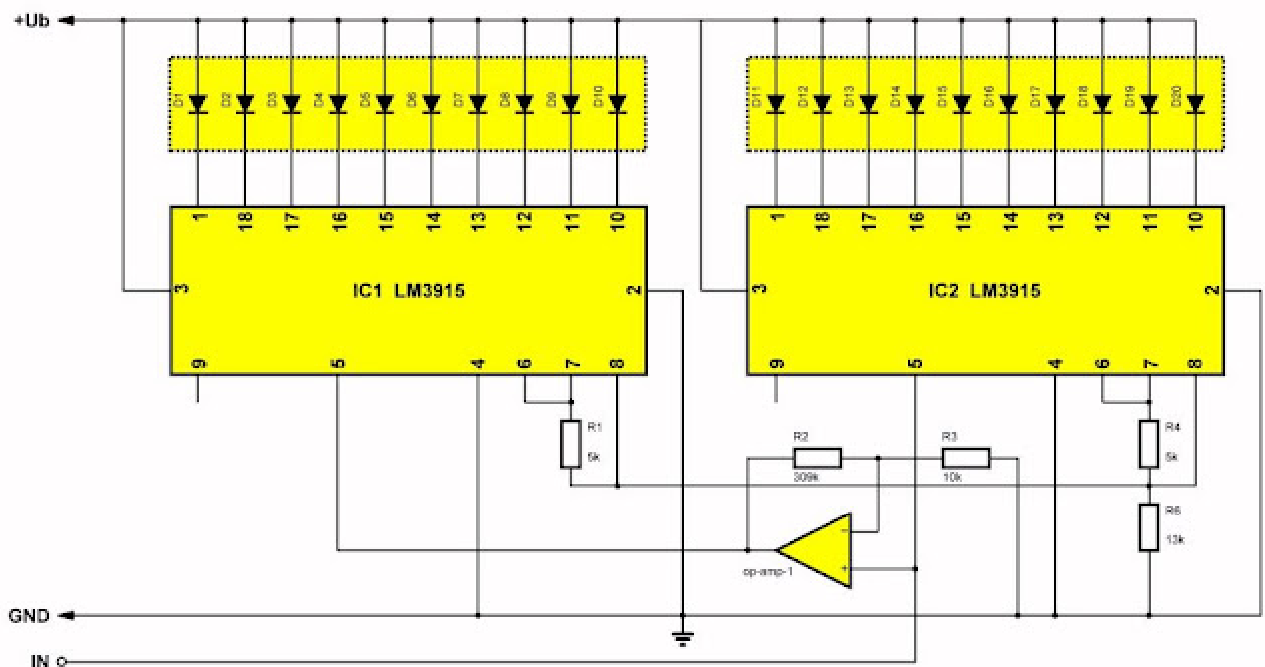
De behuizingen en aansluitgegevens van de LM39xx-serie. (© 1995 NatSemi)

De eenvoudigste schakeling rond een LM39xx
In de onderstaande figuur is de eenvoudigste bargraph display driver getekend die u met een van deze IC's kunt samenstellen. De onderste referentie (pen 4) gaat via de weerstand R2 naar de massa. de bovenste referentie (pen 6) is rechtstreeks verbonden met de interne referentiespanning (pen 7). Pen 9 ligt aan de voeding, dus de uitlezing staat in de bar-modus. De weerstand tussen pen 7 en de massa stelt de intensiteit van de LED's in.



De allereenvoudigste schakeling rond een LM39xx. (© 2019 Jos Verstraten)

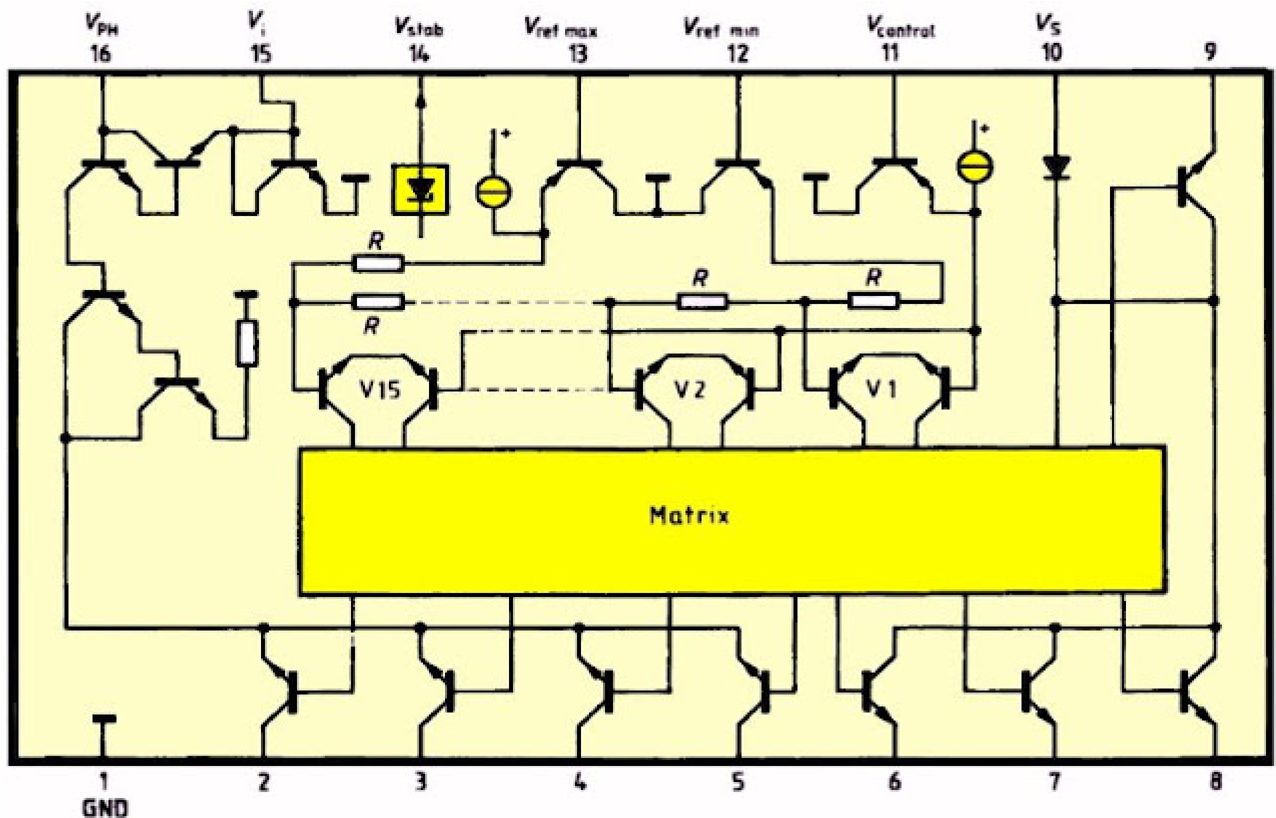
Cascaderen van twee stuks LM39xx
De schakelingen uit de LM39xx-serie zijn op een heel eenvoudige manier te cascaderen. Als voorbeeld wordt in de onderstaande figuur een schema gegeven van een lineaire dB-meter met een bereik tot 60 dB en een nauwkeurigheid van 3 dB per LED. De operationele versterker zorgt ervoor dat de ingangsspanning van de eerste driver met een bepaalde factor wordt vermenigvuldigd alvorens zij aan de tweede driver wordt aangeboden. Door de nauwkeurige keuze van de weerstandswaarden (10 kΩ en 309 kΩ) zal de overgang van de laatste LED van het eerste display naar de eerste LED van het tweede display vloeiend verlopen.



Door het cascaderen van twee LM3915 display-drivers ontstaat een meter met een bereik van 60 dB. (© 2019 Jos Verstraten)

De UAA170 bargraph driver van Siemens

Kennismaking
Dit oeroud IC van Siemens is toch nog steeds te koop voor prijzen vanaf € 4,10 (als u goed zoekt). De UAA170 is een 16-pens DIL-IC dat bargraph display's met zestien LED's kan sturen uit slechts acht lijnen, waarbij de grootte van de ingangsspanning bepaalt welke LED gaat oplichten. Er brandt steeds maar één LED, de schakeling werkt dus volgens het dot-principe. In de onderstaande figuur is de vrij ingewikkelde en weinig zeggende interne schakeling van dit IC voorgesteld.



Het intern blokschema van de UAA170. (© Siemens)

De basisschakeling rond een UAA170
Wat meer tot de verbeelding spreekt is het onderstaande praktisch bruikbare schema van een 16-segment bargraph uitlezing met een UAA170. U sluit de voedingsspanning aan tussen de pennen 1 en 10. Pen 1 is de massa, pen 10 gaat naar een spanning tussen +9,0 V en +18,0 V. De pennen 2 tot en met 9 worden gebruikt voor het sturen van de LED's in het bargraph display. Er zijn dus slechts acht aansluitingen beschikbaar voor het sturen van 16 LED's. Uit het schema volgt hoe men dit probleem heeft opgelost. De LED's zijn onderverdeeld in groepen van vier, die ieder uit één pen gestuurd worden.
In het IC is een referentiespanning ingebouwd. Deze constante, gestabiliseerde spanning van ongeveer 5 V staat ter beschikking op pen 14. De stroom die uit deze uitgang afgenomen mag worden bedraagt 3 mA. De te meten ingangsspanning wordt aangelegd op pen 11. Soms komt deze spanning rechtstreeks aan deze pen. De spanning op deze ingang mag maximaal 6 V zijn, vaak moet u dus een spanningsdeler tussen de te meten spanning, pen 11 en de massa schakelen. De ingang van het IC is vrij hoogohmig. De schakeling vraagt maximaal 1 µA van de aan pen 11 aangelegde spanning.
De pennen 15 en 16 stellen de stroom in die u door de LED's laat vloeien. De instelspanningen op deze pennen bepalen zodoende de helderheid van de uitlezing. De stroom door de LED's kan variëren tussen 0 mA en 50 mA. Het regelgebied van de stroom is afhankelijk van de waarde van de weerstand tussen pen 15 en de massa. Is deze weerstand R1 gelijk aan 1 kΩ, dan staat het volledige regelgebied van 0 tot 50 mA ter beschikking. De waarde van de stroom binnen dit gebied wordt bepaald door de weerstand R2 tussen de pennen 14 en 16. Is deze weerstand groter dan 40 kΩ, dan is de diodestroom nul. De uitlezing is dus gedoofd. De maximale stroom van 50 mA vloeit door de lichtgevende dioden als u de weerstand tussen de pennen 14 en 16 gelijk maakt aan 10 kΩ.

De pennen 12 en 13 moet u aansluiten op twee gelijkspanningen tussen 0 V en 6 V waarbij de spanning op pen 13 altijd groter moet zijn dan de spanning op pen 12. Deze twee instelspanningen bepalen het meetbereik van de meter. Als pen 12 op 0 V staat en pen 13 aan 6 V ligt loopt het meetbereik van de schakeling van 0 V tot 6 V. De laatste LED blijft branden, zolang de ingangsspanning groter is dan 6 V. U kunt de referentiespanning op pen 14 gebruiken voor het instellen van de spanningen op de pennen 12 en 13.

Een praktische schakeling met een UAA170. (© 2019 Jos Verstraten)